

서울대학교중앙도서관의 환경조사평가 I

이 두 영
(수서정리과 사서사무관)

< 목 차 >

I. 서론	IV. 서고 및 자료실의 환경조사
II. 환경조사 방법	V. 서고 및 자료실의 환경조사 종합평가
III. 환경조사 일정 및 장소	VI. 환경조사 결과 대책

I. 서론

서울대학교 중앙도서관에는 귀중본으로 서양서 247책, 서양서 364책, 귀급자료 888책 등을 소장하고 있을 뿐만 아니라 발행된지 50년 이상된 귀급에 해당되는 일반자료 41만여책을 소장하고 있는바, 이들 자료들은 발행국인 외국에서도 희귀하고 귀중한 전적문화재급(典籍文化財級)으로써 우리 후손들에게 영원히 전수되어야 할 자료들이다. 이와 같이 인류의 전적문화재급 귀중한 자료임에도 불구하고 부적합한 보관환경으로 말미암아 지질(紙質)의 열화(劣化)로 인하여 많이 부식(腐蝕)되어 자료들이 갈색으로 변해 있거나 심하면 부서지기까지 하는 것들을 볼 수 있을 것이며, 이러한 현상은 앞으로도 지속될 위험에 노정(露呈)되어 있는 실정이다.

또한 이들 자료를 이용하는 연구자들이 간혹 가다 피부 가려움증 내지 두통을 호소하는 경우가 있는 실정으로 서고와 자료실의 환경영향 평가 및 자료의 열화과정을 과학적인 예측 평가가 요구되고 있다.

이 연구보고는 이러한 일련의 현상들을 분석 평가하기 위하여 일차적으로 서고 및 자료실의 공기중 부유균(浮遊菌)을 채집하여 미생물을 배양 분포조사하고, 서고 내 온도와 습도를 측정하여 이들이 서고내 자료의 열화부식(劣化腐蝕)에 미치는 영향과 교수□학생 열람자들의 건강에 미치는 영향 등을 분석 평가하여 종이자료의 보

존 및 자료실 환경 조건을 개선하는데 기초 자료로 활용하고자 한다.

II. 환경조사 방법

1. 서고 및 자료실 등의 공기부유균 채집

미생물 분포상은 공기 부유균을 중심으로 미리 준비한 선택배지(PDA)를 공기포집기 (MAS 100 Air Sampler, Germany)에 설치하여 서고 및 자료실 내부에서 공기부유균 및 유해미생물을 채취하였다.

1.1. 채취한 미생물의 배양

서고 및 자료실 내부에서 공기부유균을 채취한 선택 배지를 밀봉하여, 미생물배양기에서 5일간 배양 후, 미생물 별 균주를 분리, 동정하였다.

2. 고문헌자료실의 온도와 습도측정

서고내 일정한 장소를 선정하여 아날로그식 온습도기(공보 엔지니어링 사. 모델명 : THR-701S)를 설치 측정하였다.

2.1. 온습도 측정결과를 이용하여 종이 열화속도를 국제적인 표준에 대입, 회귀분석하였고, 곰팡이 발육범위 환경을 예측하였다.

III. 환경조사 일정 및 장소

1. 환경조사일정 :

미생물조사 : 2004년 8월 4일

온습도조사 : 2003년 7월 1일 ~ 2004년 6월 30일

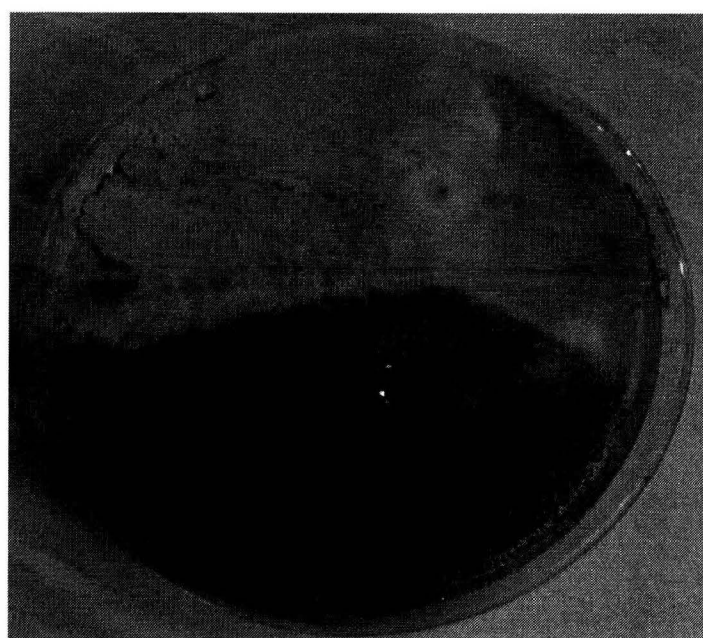
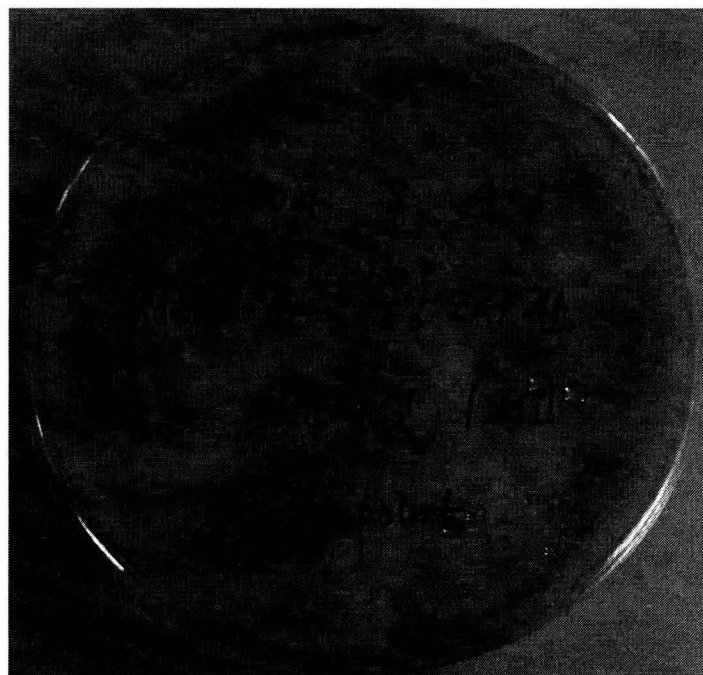
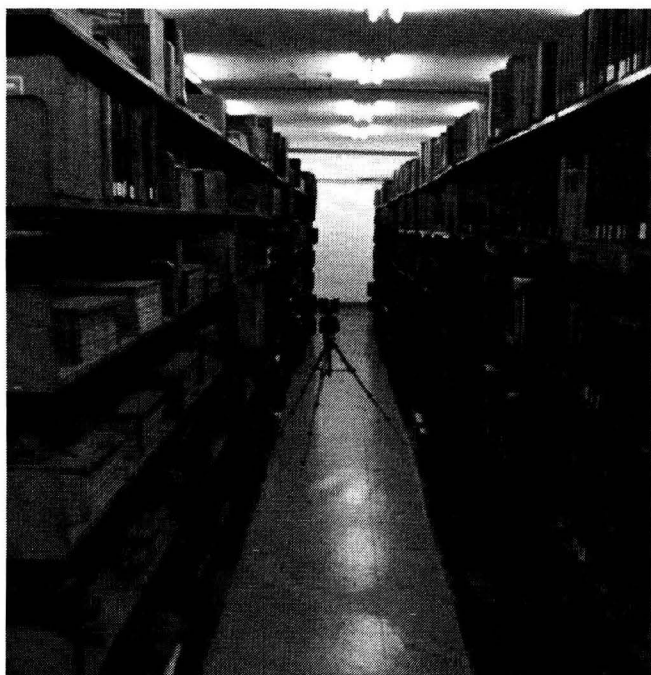
2. 환경조사 장소

고문헌자료실(6층)1, 2 서고, 연속간행물 서고1, 2, 연속간행물실, 단행본서고(5층), 3B열람실, 정보지원실.

Ⅳ. 서고 및 자료실의 환경조사

1. 미생물 검출조사 및 주요작용 분석¹⁾

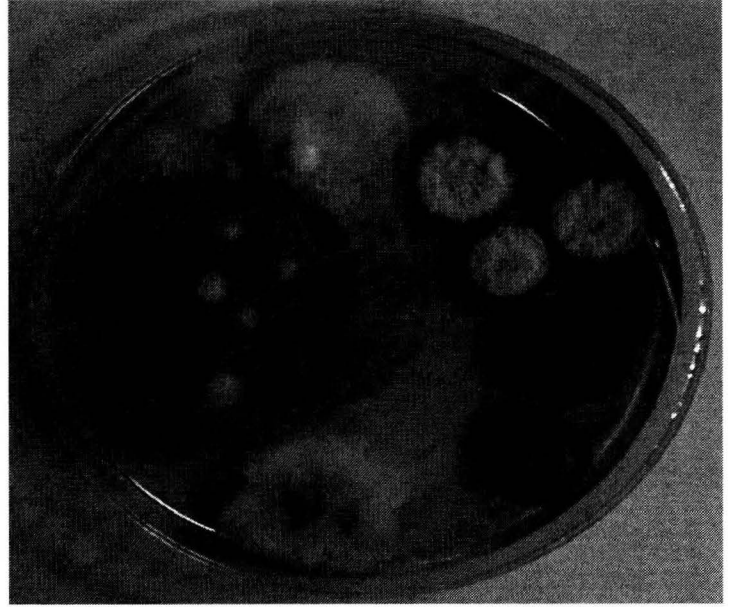
1.1.고문헌자료실



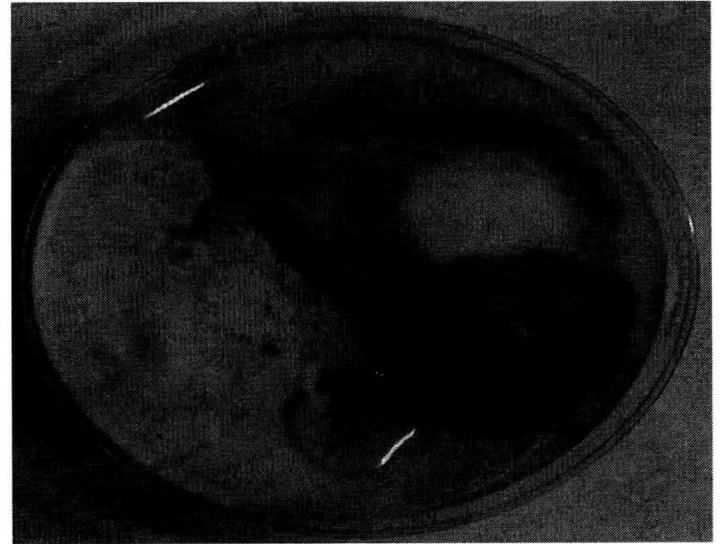
☞ 주요검출 미생물 : *Mucor* sp. *Chaetomium* sp. *Aspergillus* sp.
주요작용 : 색소형성. 피부질환. 자료열화.

1) (주)바이오미스트테크놀로지 대덕연구소에 미생물 검출 및 주요작용 분석의뢰

1.2.연속간행물서고

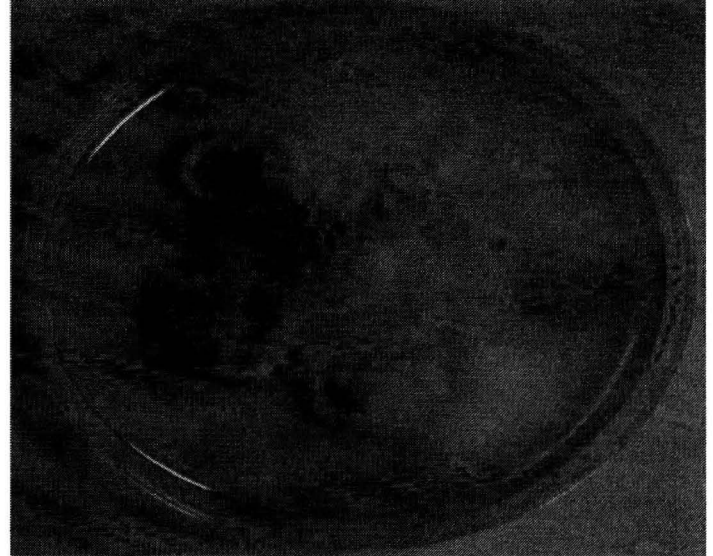


☞ 주요검출 미생물 : *Cladosporium* sp. *Sclerotinis* sp. *Neurospora* sp.
주요작용 : 색소형성 및 자료오염



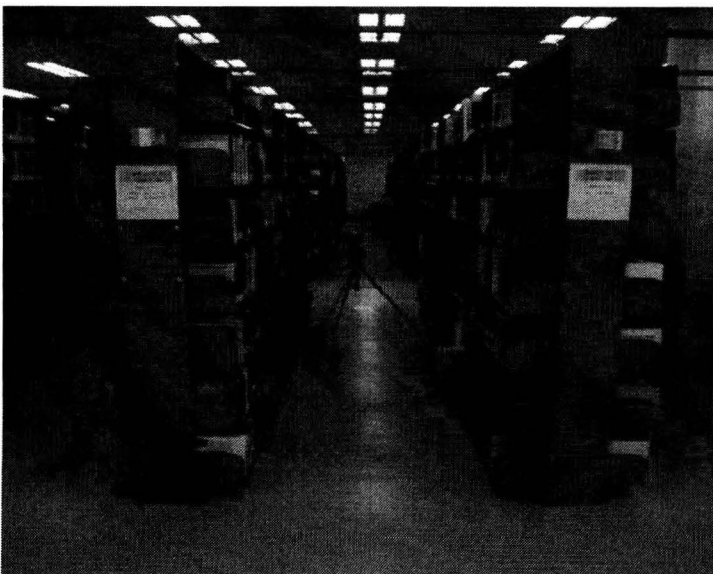
☞ 주요검출 미생물 : *Bacillus* sp. *Mucor* sp.
주요작용 : 병원성 미생물. 악취발생

1.3.연속간행물실



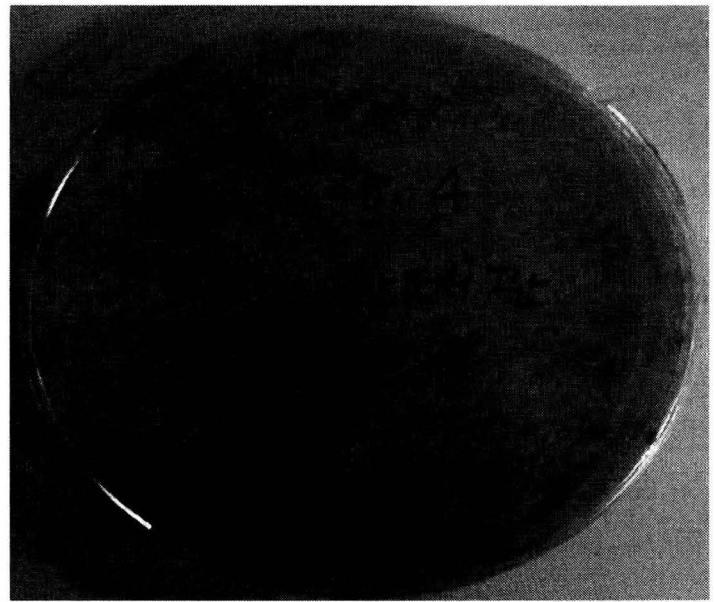
☞ 주요검출 미생물 : *Mucor* sp. *Fusarium* sp.
주요작용 : 호흡기질환 및 색소형성

1.4.단행 본서고(5층)



☞ 주요검출 미생물 : *Mucor* sp. *Sclerotinia* sp. *Bacillus* sp.
주요작용 : 병원성 미생물 악취발생 및 색소형성

1.5. 3B열람실



☞ 주요검출 미생물 : *Mucor* sp. *Fusarium* sp. *Trichoderma* sp.
주요작용 : 호흡기질환 및 피부질환

1.6. 정보지원실



☞ 주요검출 미생물 : *Fusarium* sp. *Penicillium* sp. *Sclerotinia* sp.
주요작용 : 호흡기질환 및 색소형성

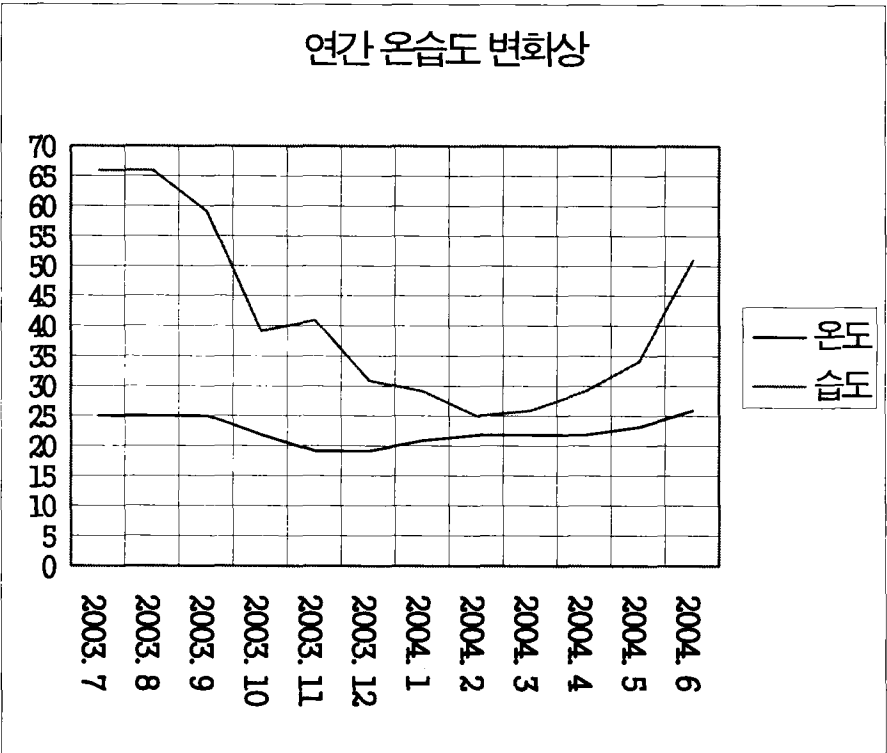
2. 고문헌자료실 온습도 측정 통계분석

2.1. 고문헌자료실 온 · 습도 측정 통계

월 일	7월		8월		9월		10월		11월		12월		1월		2월		3월		4월		5월		6월	
	온 도	습 도	온 도	습 도	온 도	습 도	온 도	습 도	온 도	습 도	온 도	습 도	온 도	습 도	온 도	습 도	온 도	습 도	온 도	습 도	온 도	습 도	온 도	습 도
1	25	59	25	64	24	65	26	44	19	38	18	43	20	33	22	27	21	24	22	23	22	35		
2	26	58	25	64	25	68	25	43	19	43	19	42	19	34	22	27	21	24	22	26	22	35		
3	26	58	26	70	25	67	24	39	19	50	19	36	20	33	22	24	22	23	22	25	23	39		
4	26	56	27	71	25	66	24	38	20	35	19	28	20	31	22	24	22	22	21	26	23	40		
5	26	57	26	64	25	70	23	35	20	36	19	35	19	39	23	23	23	24	20	26	23	34		
6	25	57	25	64	25	68	23	41	20	41	19	38	20	32	23	24	22	22	20	25	23	35		
7	26	60	25	64	25	70	24	43	20	44	20	34	20	35	23	24	21	21	21	28	23	28		
8	25	59	25	62	26	69	23	41	21	46	19	36	20	30	22	26	21	25	20	25	23	31		
9	25	61	25	61	26	67	24	44	20	44	20	30	21	30	22	22	21	28	20	25	24	36		
10	25	61	25	62	26	64	24	50	20	42	20	28	21	29	22	23	21	31	20	29	24	42	27	51
11	25	60	26	63	26	64	24	47	19	46	20	26	21	26	22	24	21	30	20	27	24	43	27	48
12	24	59	25	60	25	67	24	45	19	43	20	30	20	29	23	24	22	28	21	32			27	48
13	25	59	24	61	25	69	25	48	19	44	20	26	20	29	23	25	22	25	22	33			27	32
14	25	60	24	61	25	65	24	45	19	41	19	30	20	27	23	26	22	27	22	33			27	33
15	24	57	24	59	25	70	23	32	19	43	19	30	21	26	22	23	22	26	23	30			26	33
16	25	57	24	55	26	61	22	38	19	42	19	30	21	28	22	22	22	26	23	28			26	39
17	25	58	24	58	26	63	22	37	18	37	20	35	21	30	23	25	22	32	23	31			26	44
18	25	61	25	65	26	60	23	42	18	37	20	25	21	32	23	25	22	23	23	29			27	48
19	26	60	25	67	25	61	22	35	19	40	20	22	20	30	22	21	22	23	23	36			27	55
20	26	61	25	73	24	49	22	37	19	44	20	23	20	26	22	23	22	24	24	39			27	56
21	26	68	25	70	24	50	22	38	19	44	19	26	21	27	22	26	21	26	23	30			27	57
22			25	70	25	48	22	42	19	36	19	29	22	27	23	33	21	26	24	37			27	55
23	24	60	25	72	24	46	21	30	18	33	19	31	22	26	22	23	22	26	24	26			26	55
24	25	64	25	75	24	43	20	30	17	33	20	33	23	28	22	23	22	26	23	26			26	59
25	25	76	25	73	24	46	21	39	18	37	20	35	23	28	23	28	22	27	23	24	23	24	26	58
26	24	67	25	68	25	49	20	34	18	41	19	31	24	27	23	24	22	27	22	21	22	31	25	57
27	26	68	25	75	25	45	20	36	18	44	20	29	23	21	22	23	22	25	23	30	23	30	26	59
28	26	65	24	75	26	59	20	40	19	43	20	29	22	20	23	23	21	25	22	30	22	30	26	58
29	25	67	24	68	26	48	19	31	19	47	19	36	23	24	22	27	21	26	21	28	21	28	26	58
30	24	66	24	67	25	45	19	33	19	44	20	32	22	25			22	31	21	30	21	30	26	61
31	25	63	24	64			19	36			20	31	23	25			22	25						
평균	25	66	25	66	25	59	22	39	19	41	19	31	21	29	22	25	22	26	22	29	23	34	26	51

<표 1> 고문헌자료실 월별 온습도 평균 통계표 및 변화 그래프 (2003. 7~2004. 6)

년월	온도	습도
2003. 7	25	66
2003. 8	25	66
2003. 9	25	59
2003. 10	22	39
2003. 11	19	41
2003. 12	19	31
2004. 1	21	29
2004. 2	22	25
2004. 3	22	26
2004. 4	22	29
2004. 5	23	34
2004. 6	26	51



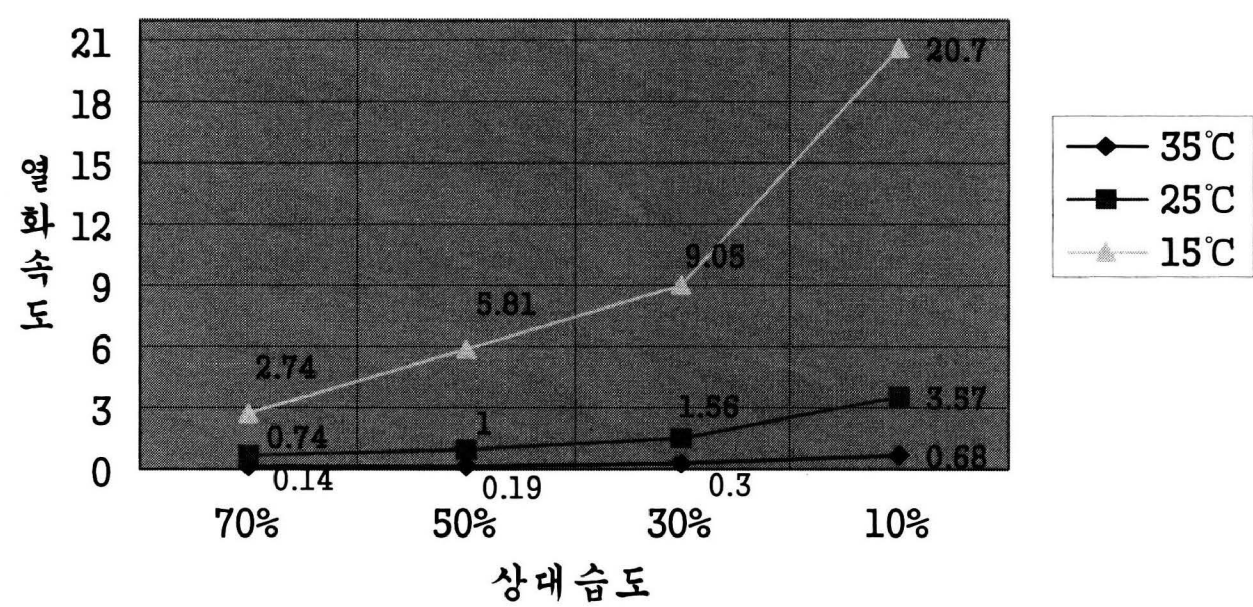
* 서고내 온도와 습도의 기본 환경조건은 변화폭이 극소이어야 자료의 안정성을 유지한다. 서
울대의 경우 변화의 폭이 커서 자료의 경화를 촉진시키는 결과를 보여주고 있다.

<표 2> 溫濕度와 종이의 劣化速度(25℃, 50%RH 기준)

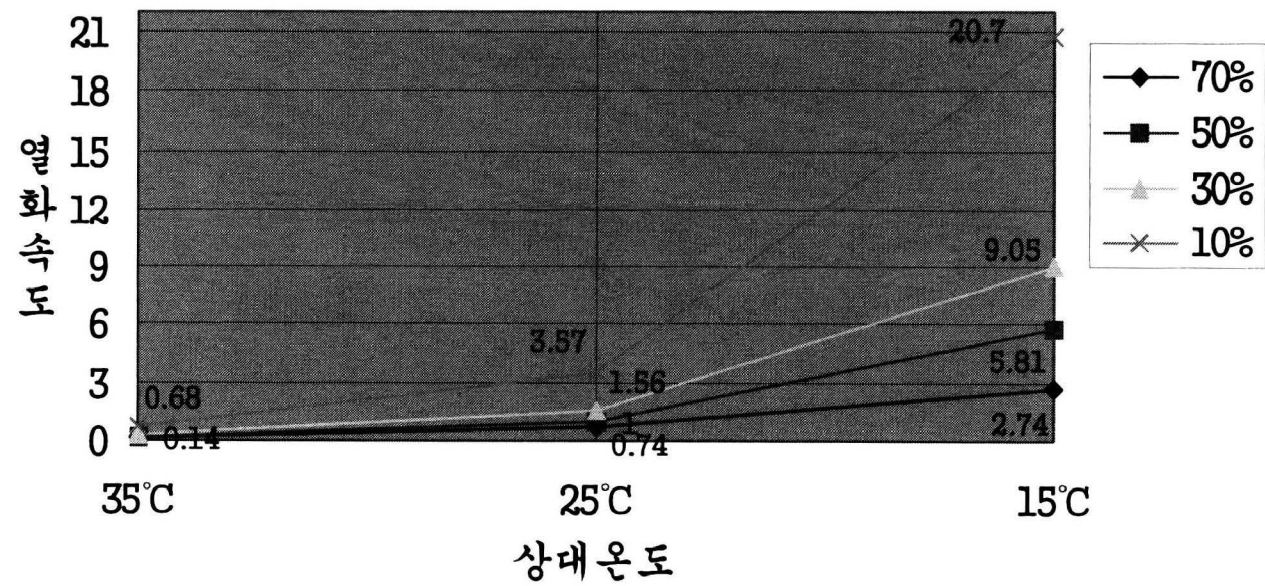
平均 溫度	平均 相對濕度			
	70%	50%	30%	10%
35℃	0.14	0.19	0.3	0.68
25℃	0.74	1	1.56	3.57
15℃	2.74	5.81	9.05	20.7

Smith, Richard Daniel "The non-aqueous deacidification of paper and books" Doctoral
dissertation, The University of Chicago, 1970.

溫度對比 相對濕度에 따른 종이의 劣化速度



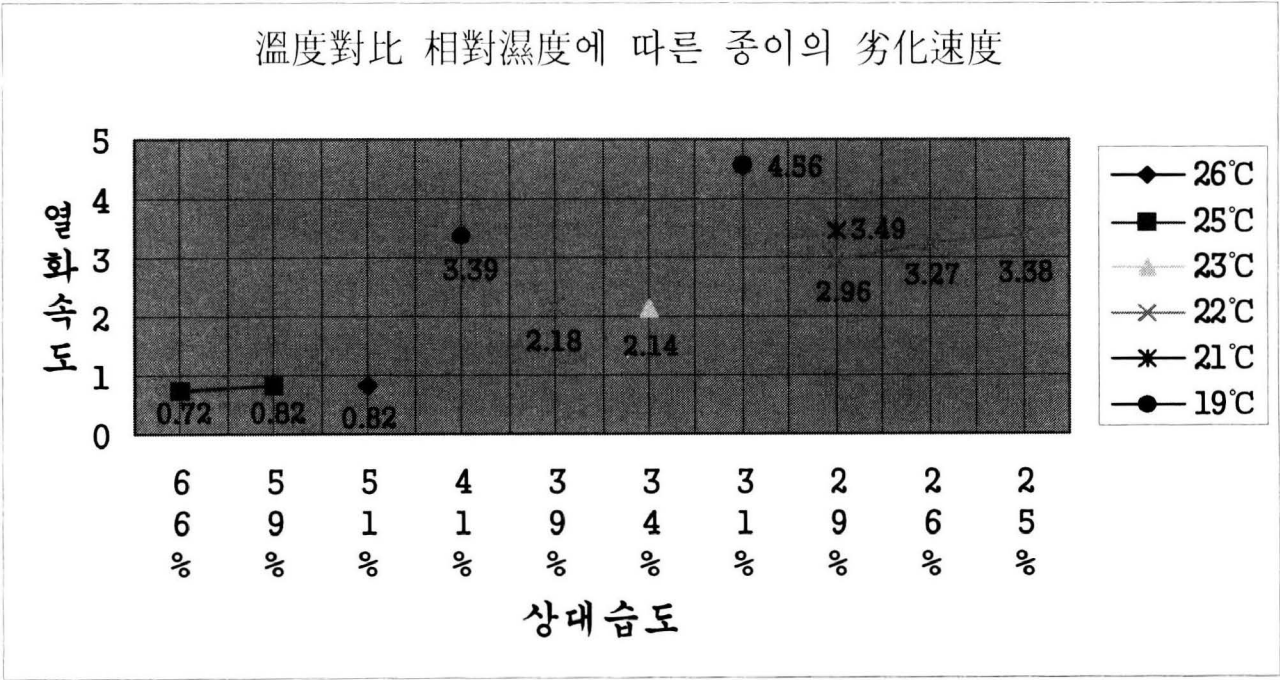
濕度對比 相對溫度에 따른 종이의 劣化速度



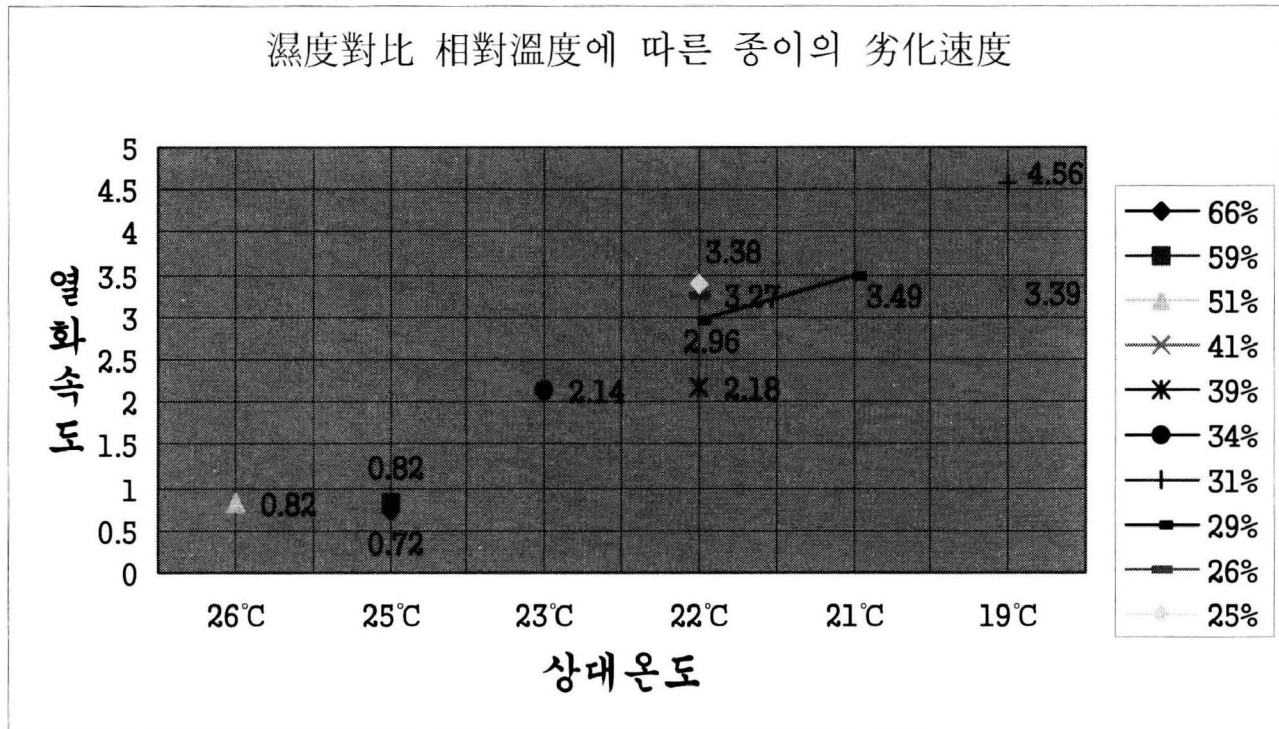
<표 3> 溫濕度와 종이의 劣化速度(25℃, 50%RH 기준)

平均 溫度	平均 相對濕度									
	66%	59%	51%	41%	39%	34%	31%	29%	26%	25%
26℃			0.82							
25℃	0.72	0.82								
23℃						2.14				
22℃					2.18			2.96	3.27	3.38
21℃								3.49		
19℃				3.39			4.56			

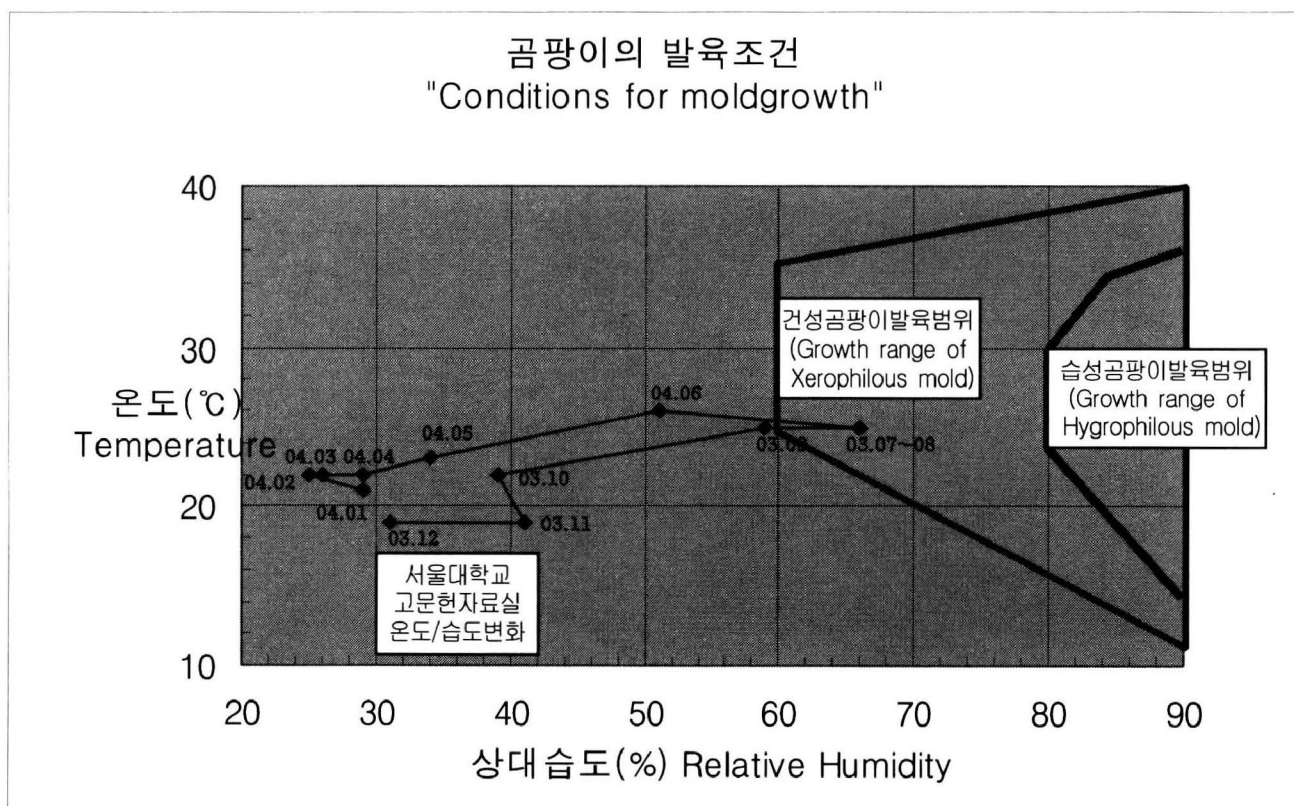
* <표 2>의 기준에 서울대학교중앙도서관 고문헌자료실 연간 월평균 온습도 통계(2003. 7.~2004. 6.)를 대입, 회귀분석(Regression analysis)하여 종이자료의 열화속도를 예측하였다.²⁾



2) $y = \exp(-0.0238 * (\text{습도} - 50) + 0.000205 * (\text{습도} - 50) * (\text{습도} - 50) - 0.16521 * (\text{온도} - 25))$



<표 4> 서울대중앙도서관 고문헌자료실의 곰팡이 발육조건 월중 분포도³⁾



3) 久芳正和(2004) 現代的資料保存とマネージメントのための基本的な考え方, (한 □ 중 □ 일)자료보존 처리 기술 및 관리 전문화 방안 pp.42, 103~111(국립중앙도서관)을 서울대학교 고문헌자료실 온 □ 습도에 적용하였다.

<표 5> 서울대 중앙도서관 곰팡이 조사표

환경조사 장소	곰팡이 수 (CFU)	비 고
1. 6층 고문헌자료실 1서고	72 cfu	※ cfu : colony forming unit (단위체 적당 검출되는 미생물의 군락으로 미생 물 수를 나타내는 단위) ※ 곰팡이 세계기준 : 10cfu이하
2. 6층 고문헌자료실 2서고	54 cfu	
3. 연속간행물 서고1	29 Cfu	
4. 연속간행물 서고2	41 cfu	
5. 연속간행물실	37 cfu	
6. 5층 단행본서고	31 cfu	
7. 3B 열람실	48 cfu	
8. 정보지원실	21 cfu	

V. 서고 및 자료실의 환경조사 종합평가

1. 미생물 검출조사

서울대학교 중앙도서관의 서고 및 자료실의 생물학적 환경조사를 한 결과 다량의 미생물이 검출되었다. 검출된 미생물을 분석한 결과 색소를 형성하고 자료의 생물학적 열화를 발생시킬 가능성이 높은 균주로 분석되었으며, 몇몇 균주에서는 호흡기 질환을 일으키는 미생물도 발견되었다.

1.1. 자료에 미치는 영향 :

곰팡이가 생성하는 색소로 인하여 자료의 변색을 초래하고 있으며, 지류 및 섬유소를 영양원으로 하는 곰팡이성 미생물이 검출되어 자료를 영양원으로 이용하는 미생물로 인하여 생물학적 열화가 가속화되어, 자료의 재질이 훼손할 것으로 판단된다.

1.2. 교수 · 학생 열람 이용자에게 미치는 영향 :

일부 미생물에서는 피부질환(수포 발생)을 유발 할 가능성이 있는 미생물과 호흡기질환을 일으킬 수 있는 유해 미생물이 발견되어 주의가 필요하다.

2. 온 · 습도 측정조사

서울대학교 중앙도서관 고문헌자료실의 연간 온도와 습도의 유동상황을 측정 조사를 한 결과 연중 7~8월의 경우 건성곰팡이의 발육 환경범위(표4 참조)에 속하고 있으며, 온 · 습도의 변동 폭이 극심하여 종이자료의 각질화 및 열화를 심화 촉진시키는 심각한 상황이다.

2.1. 자료에 미치는 영향 :

2.1.1. IFLA 원칙에 따르면 종이자료의 적절한 보존 온도와 습도는 다음과 같다. 온도 16~21℃, 습도 40~60% RH(NDL은 온도 22±2℃, 상대습도 55±5% RH)이다. 또한 습도가 60% RH가 3일 이상 지속될 경우 곰팡이의 서식 조건인바 고문헌자료실의 습도는 7~9 월 3 개월 동안 60% RH 이상을 유지(IV.2.1. 고문헌자료실 온 · 습도 측정 통계 참조)하고 있으므로 건성곰팡이의 피해(도표4 참조)가 심각한 실정임

2.1.2. 서적 및 문서의 수명은 온도, 습도, 산소, 햇빛 등 서고의 환경에 따라서 영향을 받게 된다. 온도 10℃의 증가는 일반적으로 화학반응을 두 배로 증가시킨다고 알려져 있다. 높은 온도는 종이의 산화, 가수분해, 광분해(photodegradation), 광산화반응 등을 모두 증가시켜서 서적 및 문서의 열화를 촉진시킬 것이며 습도가 높으면 곰팡이 등 미생물의 발생을 촉진하고, 종이의 주성분인 셀룰로오스를 가수분해가 쉽게 일어나게 한다. 또한 미생물의 발생으로 인하여 미생물이 분비하는 가수분해효소에 의해 각 재질이 가수분해되어 발생하는 강도의 저하, 유기산 등의 분비물과 재질성분과의 화학작용에 의한 변퇴색을 들수 있다(新井, 1974 ; 大槻, 1980).

3. 고문헌자료실 자료의 열화원인분석

책이 오래되면 우선 종이의 색이 누렇게 변하고 갈색으로 변한다. 이것은 책의 종이가 노화하고 분해하고 있다는 신호가 된다. 책이 갈변하는 이유는 종이의 성분인 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 그리고 리그닌, 특히 리그닌의 광화학적 반응에 의

해서 광산화 반응이 주원인인 것으로 알려져 있다. 따라서 리그닌의 라디칼 광화학 반응을 억제해서 변색이 되지 않도록 해야 할 것이다.

VI. 환경조사 결과 대책

서울대학교 중앙도서관의 서고 및 자료실의 생물학적 환경조사와 고문헌자료실의 연간 온도와 습도의 유동상황을 측정 조사를 하였다. 서고 및 자료실의 경우 다량의 미생물이 검출되었는데 검출된 미생물을 분석한 결과 색소를 형성하고 자료의 생물학적 열화를 발생시킬 가능성이 높은 균주로 분석되었으며, 몇몇 균주에서는 호흡기 질환을 일으키는 미생물도 발견되었다. 한편 고문헌자료실 온·습도의 유동상황을 보면 연중 7~8월의 경우 건성곰팡이의 발육 환경범위에 노출되어 있으며, 온·습도의 변동 폭이 극심하여 종이자료의 각질화 및 열화를 심화 촉진시키는 심각한 상황에 노정되어 있음을 알 수 있었다. 도서관에 소장되어 있는 종이자료들의 원형유지를 얼마나 더 연장할 수 있는지 과학적 보존대책을 기술하면 다음과 같다.

1. 재질(材質)의 상태(狀態) 기록유지(記錄維持)

종이자료는 보존환경에 따라 재질이 서서히 변질되어간다. 이러한 재질상태를 정확히 파악하는 것은 종이자료의 보존에 있어서 매우 중요한 일이다. 그러나 재질분석(材質分析)은 각종 기구와 장비를 필요로 하므로 주기적으로 전문가에게 의뢰하여 분석하는 것이 바람직하다. 이러한 자료가 축적되면 종이자료의 재질상태를 정확히 파악할 수 있고 이에 따른 대책을 강구하는 것이 가능하기 때문이다.

2. 온·습도 조절

온도 10℃의 증가는 일반적으로 화학반응을 두배로 증가시킨다고 알려져 있다. 서적 및 문서의 높은 보관 온도는 종이의 산화, 가수분해, 광분해, 광산화반응 등을 모두 증가시켜서 종이의 열화를 촉진시킬 것이다. 또한 높은 습도에서는 물리, 화학, 생물적 요인에 의해 재질의 각종 손상현상(損傷現狀)이 발생되고 있으므로 종이자료의 보존을 위해서는 항온·항습 시설을 설치하는 것이 이상적이나 이것이 불가능한 경우 여건에 따라 에어컨이나 히터를 설치하고 온습도자동기록계(溫濕度自動

記錄計)를 설치하여 수시로 적정온습도 기준으로 조절하여 가급적 급격한 온습도 변화가 없도록 한다. 특히 도서관이 아닌 서울대학교 전체를 대상으로 하는 중앙난방에 의한 일률적인 조정으로 급가습(急,加濕) 급냉방(急冷房)으로 자료의 각질화 열화를 방지하여야겠다.

3. 공기정화(空氣淨化)

공기 오염도 종이의 산성을 높이는데 기여한다. 자동차 배기가스에는 아황산가스(SO₂)와 이산화질소(NO₂)가 포함되어있다. 아황산가스는 물과 반응하여 아황산을 만들고, 아질산은 물과 반응하여 질산을 만들거나, 셀룰로오스(cellulose)와 반응하여 메틸올기를 카르복시산으로 바꾸게 하여 종이의 산성화에 영향을 미친다. 또한 공기 중에는 각종 오염물 즉 먼지, 무기염류(無機鹽類), 흙, 충란(蟲卵), 포자(孢子) 등이 존재하므로 공기가 정체(停滯)되면 이러한 오염물이 종이자료에 부착하여 각종 손상을 유발하므로 공기정화 및 공조시설(空調施設)을 설치 가동하는 것이 바람직하다.

4. 균해(菌害) 방제(防除)

우리나라는 연평균 온도 12℃, 연평균 습도 73% RH로 연중 사상균(絲狀菌)이 번식하기에 적당하며, 특히 하계다우(夏季多雨)인 계절적 특성으로 인해 여름의 장마철에는 그 피해가 심각하다. 따라서 사상균으로부터 문화재를 보존하기 위해서는 방균제의 투약과 함께 살균처리가 불가피한 실정이다.

종이자료에 발생하는 충균해(蟲菌害)를 방제하기 위해서 가장 중요한 것은 살충(殺蟲) 살균력(殺菌力)이 아니라 가급적 재질에 영향을 주지 않는 약제를 선택하는 것이다. 따라서 약제는 흡착력(吸着力)이 거의 없어야 하며 속효성성(速效成性)인 것이 바람직하다. 현재 많이 사용하고 있는 방법으로는 메칠브로마이드(殺蟲劑)와 에틸렌옥사이드(殺菌劑)의 혼합가스에 의한 훈증법(燻蒸法)을 들 수 있으며 훈증법은 훈증 대상의 규모에 관계없이 단기(短期)에 소기의 목적을 달성할 수 있는 장점이 있다.⁴⁾

4) 韓 成 熙, 文化財의 微生物 被害와 防除對策. pp. 7-8 참조(參照)

5. 훼손된 종이자료의 수선 · 복원방법

종이자료의 보존상태 조사 및 분석을 통해 화학적으로 탈산처리와 물리적으로 지질안정화 처리가 중요한 문제로 종이자료의 수선 · 복원을 위한 처리조건은 다음과 같다.

첫째 원본자료의 변형을 최소화하고 추후 원래의 상태로 되돌릴 수 있는 처리방법이 선택되어야 하며, 둘째 산성화된 자료를 중성화시켜야 하고, 셋째 물리적으로 훼손된 부분이 보강되어야 한다. 이러한 처리조건하에서 종이자료를 안정화하기 위한 처리방법으로 다음의 몇가지 방법을 제안한다. 수작업으로 낱장씩 처리하는 배접방법과 기계적으로 마미네이션, 스플리팅, 리프캐스팅, 피털렌 공정, 그라프트 공중합공정 등이 그것들이다.

5.1. 배접방법은 수작업으로 낱장 처리하는 가장 믿을만하고 위험부담이 가장 적은 방법이지만 하나 많은 시간과 비용이 필요하다는 단점이 있고,

5.2. 스플리팅은 독일에서 개발되어 기계적으로 처리되는 방법으로 그 원리는 원본 단면을 반으로 갈라 그 사이에 새 종이를 끼워 넣고 다시 부착하는 기술이다. 이 처리 방법은 대량의 자료를 상대적으로 짧은 시간에 복원할 수 있으며 자료의 지질을 강화시키는 장점이 있다. 하지만 아직 이 기술에 관한 충분한 실험이 이루어지지 않았고 고가의 처리 장비를 설치해야하므로 많은 비용이 들며, 숙달된 전문인력이 없어 자료가 훼손될 위험이 있다. 또한 열화가 심각히 진행된 자료나 물리적 훼손이 심한 자료는 스플리팅 처리를 버텨내지 못할 수도 있기 때문에 비교적 상태가 양호한 자료의 수선 · 복원에 적합하다.⁵⁾

5.3. 리프캐스팅은 자료의 훼손된 부분을 기계적으로 대량의 자료를 비교적 짧은 시간에 수선 처리하는 기술로서 그 원리는 리프캐스팅기가 원본재료와 동일하거나 유사한 종이섬유(펄프)와 물이 혼합된 것을 아래로 빨아들이면서 펄프를 수선·복원될 부분의 그물망에 걸리도록 하는 방법이다. 펄프를 함유한 물은 수선 · 복원될 부분을 통과하게 되고 물이 빠져나간 자리에 펄프가 남게되는 것이다. 리프캐스팅기

5) 이귀복, 신문자료 수선·복원 및 관리방법(국립중앙도서관, 한중일 자료보존 처리기술 및 관리 전문화 방안, 2004)을 참고하여 “스플리팅 및 리프캐스팅” 소개

는 훼손된 부분의 복원과 동시에 세척도 가능하여 자료의 산성화 정도를 낮추는 역할을 한다.

5.4. 파릴렌(parylene)은 종이에 고분자를 첨가하는 물리적 보강방법으로 poly(p-xylylene)의 일반명이다. 파릴렌 공정이란 진공중에서 di-para-xylylene을 150~250℃ 사이에서 증발시킨 다음 이 증기를 650~690℃ 사이에 열분해를 시킨다. 이 과정에서 생긴 라디칼은 상온상태의 종이 표면에서 서로 충돌하여 poly(p-xylylene) 막을 고르게 만들어 종이를 물리적으로 보강하는 방법이다.

5.5. 그라프트 공중합 공정은 아크릴 단량체를 종이 사이에 스며들게 한 다음 공중합시키는 것이다. 먼저 종이의 수분을 아주 줄이고 에틸 아크릴레이트($\text{CH}_2=\text{CHCOO}_2\text{H}_5$)와 메틸메타아크릴레이트($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$) 증기를 종이 사이에 고르게 스며들게 한다. 그다음 Co-60을 사용하여 감마선으로 공중합시킨다. 감마선을 쬔이면 셀룰로오스 분자에 라디칼이 생기고 이것이 공중합을 개시하게 된다. 사용하는 단량체의 종류, 그리고 단량체의 비에 따라서 그 성질이 달라진다. 단량체를 많이 사용하면, 종이의 세기가 증가하지만, 너무 많이 사용하면, 종이의 성질이 달라지게 된다. 이 방법의 단점은 이 중합반응이 가역반응이 아니라는 것이다. 아직 소규모 실험 단계이다.⁶⁾

6) 파릴렌 공정과 그라프트 공중합 공정 : “도춘호, 책과 문서의 보존”을 소개함.

◆ 참고문헌 ◆

1. 도홍규(1976), 고서적의 과학적 보존방법, 규장각, 1, 25-40.
2. 박원기(1976), 서고내 자료의 곰팡이 방지에 관한 연구, 규장각, 1, 13-23.
3. 박세연, 이규식 등, 지류에 발생하는 얼룩반점의 성분분석에 관하여
4. 閔庚喜, 安喜均 등 昌德宮 所藏 紙類 및 纖維質遺物의 加害生物 分布調査
5. 閔庚喜, 纖維質 文化財의 微生物에 依한 훼손
6. 韓成熙(1993), 文化財의 微生物 被害와 防除對策, 文化財科學的保存 - 文化財 保存科學研修教育教材, 文化財研究所, 227-246
7. 韓成熙(1988), 微生物이 紙類 文化財에 미치는 影響, 學術研究發表論集, 第2輯, 文化財研究所, 117-136.
8. 韓成熙, 李奎植, 鄭容在, 絲狀菌에 의한 紙類 · 纖維質 遺物의 色變化
9. 李奎植, 韓成熙, 紙類 · 纖維質 遺物에 對한 大氣有害가스(SO₂, NO₂)의 影響
10. 김유선(1968) 지류의 보존처리, 문화재의 과학적 보존처리에 관한 조사 연구, 과학기술처, pp.47-899.
11. 이태녕, 이건무, 허현옥(1972) 직물 및 지류문화재, 문화재의 과학적 보존에 관한 연구(I), 과학기술처, 37-51.
12. 국립중앙도서관(2004) 한중일 자료보존 처리 기술 및 관리 전문화방안.
13. 도춘호(1997), 책과 문서의 보존, Journal of the Korean Society of Conservation Science for Cultural Properties Vol. 6, No. 1.
14. 大江 禮三郎, 古典 拓(1987) 紙の劣化速度に關する試験, 保存圖書の酸性化對策に關する研究, 95-121.
15. 新井英夫(1980) 書籍 · 古文書等の微生物被害とその對策, 書籍 · 古文書等のむし · かび害 保存の知識, 日本文化財蟲害研究所, 1-24.
16. 新井英夫(1984) 紙菌類文化財の 保存に關する微生物學的研究, 日本保存科學, 23, 33-39.
17. 新井英夫 · 森八郎(1975) 書籍の生物劣化とその防除, 保存科學, 14, 33.
18. 新井英夫(1977) 文化財の保存科學と生物, 化學と生物, 15, 397.
19. 閔庚喜, 安喜均(1981) 紙類 및 섬유질文化財의 微生物에 관한 研究, 文化財, 14, 131.

20. 登石健三(1981) 文化財保存을 위한 溫濕度の 基準, 保存科學 V.5 pp.32~37
21. 大槻虎男(1980) 書籍のなととビについて, 書籍・古文書等のむし・かび害 保存の知識, 日本文化財蟲害研究所, 93-126.
22. 大槻虎男(1980) 紙布, 金屬などに發生するカビについて, 文化財蟲菌害保存必携, 日本文化財蟲害研究所, 13-26.
23. 新井英夫(1974) 文化財の 生物劣化, 日本防菌防黴, 2(3), 5-12.
24. Smith, Richard Daniel "The non-aqueous deacidification of paper and books" Doctoral dissertation, The University of Chicago, 1970.